

Method of manufacturing spark plug and spark plug

Patent number: EP1049222

Publication date: 2000-11-02

Inventor: MATSUTANI WATARU (JP)

Applicant: NGK SPARK PLUG CO (JP)

Classification:

- **international:** H01T21/02

- **european:** H01T21/02

Application number: EP20000303605 20000428

Priority number(s): JP19990124131 19990430; JP19990140751 19990520

Also published as:

US 6533628 (B1)

J P2001015245 (A)

E P1049222 (B1)

Cited documents:

E P0575163

E P0583103

J P7296943

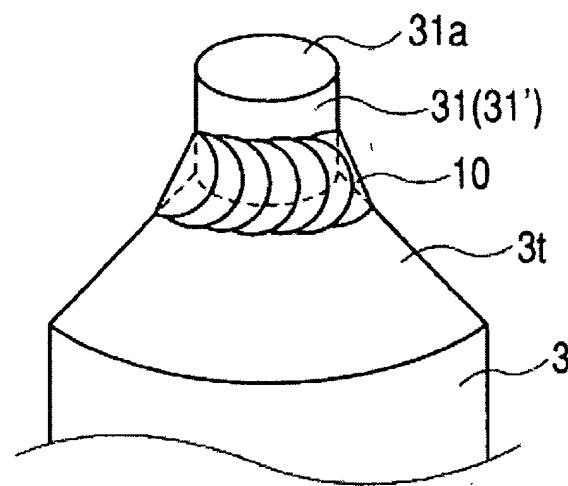
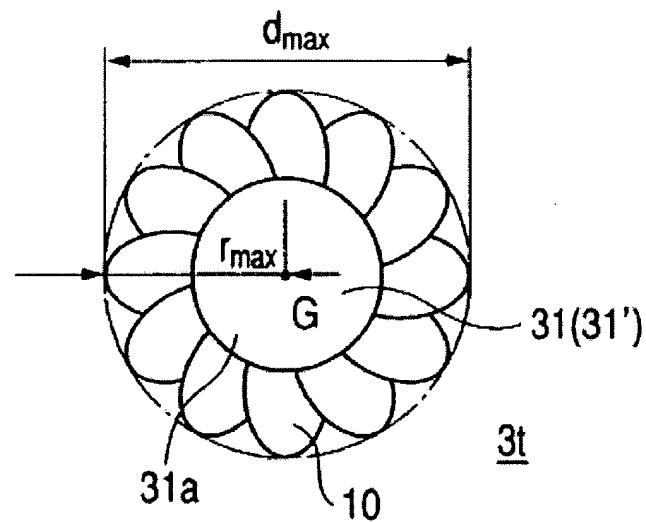
J P6045050

J P10112374

Abstract of EP1049222

A noble metal chip 31' is superimposed on a surface of a central electrode 3 made of a heat resisting alloy, the main component of which is Ni or Fe, to which the chip is secured so that a superimposed assembly 70 is constituted. A perimeter laser weld portion 10 across the noble metal chip 31' and a chip securing surface forming portion is formed around the outer surface of the chip of the superimposed assembly 70. Thus, the noble metal chip 31' is secured to the chip securing surface so that a noble-metal igniting portion 31 is constituted. To form the perimeter laser weld portion 10 which has a maximum outer dimension dmax which is smaller than 2.0 mm and which does not reach the discharging surface 31a in a direction of the thickness of the noble metal chip 31', a laser beam source 50 is, as a light source of laser beams for use in a welding operation, employed which is arranged such that energy per pulse is 2 J to 6J, the length of the pulse is 1 millisecond to 10 milliseconds and the pulse generating frequency is 2 pulse/second to 20 pulse/second.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 2A**FIG. 2B**

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Übersetzung der
europäischen Patentschrift
⑯ EP 1 049 222 B 1
⑯ DE 600 00 298 T 2

⑯ Int. Cl.⁷:
H 01 T 21/02

(7)

- ⑯ Deutsches Aktenzeichen: 600 00 298.5
 ⑯ Europäisches Aktenzeichen: 00 303 605.0
 ⑯ Europäischer Anmeldetag: 28. 4. 2000
 ⑯ Erstveröffentlichung durch das EPA: 2. 11. 2000
 ⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 31. 7. 2002
 ⑯ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 5. 12. 2002

⑯ Unionspriorität:

12413199 30. 04. 1999 JP
14075199 20. 05. 1999 JP

⑯ Erfinder:

Matsutani, Wataru, Mizuho-ku, Aichi, JP

⑯ Patentinhaber:

NGK Spark Plug Co., Ltd., Nagoya, Aichi, JP

⑯ Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
80538 München

⑯ Benannte Vertragstaaten:

DE, FR, GB

⑯ Herstellungsverfahren einer Zündkerze und Zündkerze

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 600 00 298 T 2

EP 00 303 605.0
NGK SPARK PLUG CO., LTD

Herstellungsverfahren einer Zündkerze und Zündkerze

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze und die dadurch hergestellte Zündkerze.

10 Als Zündkerzen, die als eine Zündungseinrichtung für Verbrennungsmotoren dienen, sind Zündkerzen eines Typs, der einen Edelmetall-Zündabschnitt aufweist, in den letzten Jahren verwendet worden, um die Beständigkeit gegen Zündfunken zu verbessern, wobei die Zündkerzen am Vorderende einer Elektrode durch Schweißen eines Edelmetall-Chips gebildet werden, dessen Hauptbestandteil Pt oder Ir ist. Wenn ein Edelmetall-Chip an die vordere Endfläche von zum Beispiel einer Mittelelektrode angefügt wird, ist zum Beispiel in JP-A-6-45050 (US-Patent Nr.

15 5,320,569, EP-0 583 103 B1) und JP-A-10-112374 ein Verfahren offenbart worden. Das Verfahren weist die Schritte auf: Legen eines scheibenförmigen Metall-Chips auf das Vorderende der Mittelelektrode und Bestrahlen der Außenfläche der aufeinanderliegenden Flächen mit einem Laserstrahl, während die Mittelelektrode so rotiert wird, dass ein lasergeschweißter Randabschnitt gebildet wird.

20 In den letzten Jahren ist die Temperatur in der Verbrennungskammer erhöht worden, da die Leistung des Verbrennungsmotors verbessert worden ist. Überdies sind verbreitet Motoren eines Typs eingesetzt worden, der eine Struktur aufweist, in der der Durchmesser des Zündabschnitts der Zündkerze auf 2,0 mm oder kleiner reduziert wird, so dass zugelassen wird, dass der Zündabschnitt in die Verbrennungskammer vorsteht, um die Leichtigkeit der Zündung zu verbessern. Um die Beständigkeit des

Edelmetall-Chips gegenüber einer Zerlegung in der rauen Gebrauchsatmosphäre zu verbessern, ist ein Verfahren eingesetzt worden, mit dem ein Edelmetall-Chip, dessen Hauptbestandteil Ir oder Pt ist, an eine Elektrode geschweißt wird, die aus einer wärmebeständigen Legierung besteht, die sich aus Elementen der Ni-Gruppe oder Fe-Gruppe zusammensetzt, um einen Edelmetall-Zündabschnitt zu bilden.

Der Edelmetall-Chip wird üblicherweise an die Zündkerze durch die Verwendung von Impuls laserstrahlen geschweißt, wie YAG-Laserstrahlen. Die Bedingungen, unter denen der Laserstrahl angewendet wird, sind so bestimmt worden, dass die Impulserzeugungsfrequenz ein verhältnismäßig niedriger Wert von 0,5 Impulse/Sekunde oder weniger ist. Das vorhergehende Verfahren benötigt jedoch eine übermäßig lange Zeit von etwa 15 Sekunden, um einen Edelmetall-Chip mit einem Durchmesser von etwa 0,7 mm zu schweißen. Daher tritt für jede Laserschweißvorrichtung ein Problem einer nicht zufriedenstellenden Produktivität auf.

Um das Problem der Verschlechterung der Produktivität zu lösen, ist es effektiv, die Impulserzeugungsfrequenz der Laserstrahlen zu erhöhen. Als Ergebnis von Untersuchungen, die durch den Erfinder der vorliegenden Erfindung durchgeführt wurden, ist das folgende Problem gefunden worden. Wenn die Impulserzeugungsfrequenz des Laserstrahles einfach erhöht wird, um die Produktivität zu verbessern, leidet die wärmebeständige Legierung, die aus Ni-Gruppen oder Fe-Gruppen zusammengesetzt ist, zur Verwendung als das Material der Elektrode, die eine niedrige Wärmeleitfähigkeit aufweist, an einem ungenügenden Abfall der Temperatur. Wenn das Vorderende der Elektrode einen kleinen Durchmesser aufweist, wird der Abfall der Temperatur der Elektrode verglichen mit der Anwendung von Wärme, die für jeden Impuls des Laserstrahles durchgeführt wird, manchmal verzögert.

Als Ergebnis werden die rückwärtigen Abschnitte eines Schweißabschnitts 10 in die Umfangsrichtung übermäßig erwärmt, wie in den Figuren 13A und 13B gezeigt. Daher tritt ein Problem auf, dass Schweißabschnitt so hergestellt wird, dass er ungleichmäßig ist, so dass ein rückwärtiger Schweißabschnitt 10s verglichen mit einem vorderen Schweißabschnitt 10p tief geschweißt wird. Als Alternative dazu wird die Breite I des Schweißabschnitts übermäßig vergrößert. Da der Schweißabschnitt 10 durch eine Legierung eines Materials eines Edelmetall-Chips und eines Materials der Elektrode gebildet wird, ist die Beständigkeit des Schweißabschnitts 10 gegen Zündfunken geringer als jene nur des Edelmetall-Chips. Wenn die Tiefe oder die Breite des Schweißabschnitts 10 übermäßig vergrößert wird, verschlechtert sich die Haltbarkeit eines Zündabschnitts 31 übermäßig, der durch Schweißen des Edelmetall-Chips gebildet wird. In einem Bereich, in dem die Breite I des Schweißabschnitts 10 vergrößert worden ist, wird der Schweißabschnitt 10 in extremen Fällen einer Entladungsfläche 31a ausgesetzt. Wenn das Ausgesetzte verhindert wird, tritt ein Ausgesetztheit des Schweißabschnitts 10 in einem Fall auf, wo der Zündabschnitt 31 etwas abgenutzt ist. Im allgemeinen wird eine Zündkerze mit dem Edelmetall-Zündabschnitt für den Zweck versehen, die Lebensdauer des Zündabschnitts zu verlängern (zum Beispiel die Lebensdauer, die einer Fahrstrecke von 100000 km entspricht, auf 160000 km). Wenn das vorhergehende Problem auftritt, schreitet der Abbrand des ausgesetzten Abschnitts fort. Als Ergebnis tritt manchmal ein Problem einer Fehlzündung oder dergleichen auf, da der Funkenentladungsspalt in einer verhältnismäßig kurzen Zeit vergrößert wird;

EP-A-0 575 163 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze bereitzustellen, das in der Lage ist, die Effizienz eines Verfahrens zum Schweißen eines Edelmetall-Chips an eine Elektrode beträchtlich zu verbessern und einen gleichmäßigen Schweißabschnitt und eine Zündkerze zu erhalten, die eine Haltbarkeit eines Zündabschnitts in einem Ausmaß aufweist, das bisher nicht erhalten wurde.

Um die Probleme zu lösen, wird erfindungsgemäß ein Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze mit einer Mittelelektrode und einer Masseelektrode bereitgestellt, die so angeordnet sind, dass die Seitenfläche der Masseelektrode der vorderen Endfläche der Mittelelektrode gegenüberliegt und eine solche Struktur aufweist, dass ein Edelmetall-Zündabschnitt, der eine Entladungsfläche aufweist, für mindestens entweder die Mittelelektrode oder die Masseelektrode an einer Position, die einem Funkenentladungsspalt entspricht, durch Schweißen eines Edelmetall-Chips bereitgestellt wird, wobei das Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze die Schritte umfasst:

- Bereitstellen eines eine Chip-Befestigungsfläche bildenden Abschnitts an der Mittelelektrode und/oder der Masseelektrode, der aus einer wärmebeständigen Legierung besteht, die Ni oder Fe als Hauptbestandteil aufweist, und Legen des Edelmetall-Chips auf eine Chip-Befestigungsfläche, so dass ein übereinanderliegender Aufbau gebildet wird;
- Bereitstellen eines lasergeschweißten Randabschnitts über dem Edelmetall-Chip und dem eine Chip-Befestigungsfläche bildenden Abschnitt für die Außenfläche des Chips, der den übereinanderliegenden Aufbau bildet, so dass der Edelmetall-Chip an der Chip-Befestigungsfläche befestigt wird; und
- Bilden des lasergeschweißten Randabschnitts, so dass er eine maximale Außenabmessung aufweist, wenn er aus der Chip-Einfü-

- gungsrichtung in der Draufsicht betrachtet wird, die kleiner als 2,0 mm ist, und so ausgebildet ist, dass er die Entladungsfläche in eine Richtung der Dicke des Edelmetall-Chips nicht erreicht, dadurch gekennzeichnet, dass als eine Lichtquelle zum Laserschweißen ein Impulslaserstrahlquelle verwendet wird, die eine Energie pro Impuls im Bereich von 1,5 J bis 6 J, eine Impulslänge im Bereich von 1 Millisekunde bis 10 Millisekunden und eine Impulserzeugungsfrequenz im Bereich von 2 Impulse/Sekunde bis 20 Impulse/Sekunde aufweist.
- Der eine Chip-Befestigungsfläche bildende Abschnitt wird durch eine wärmebeständige Legierung gebildet, deren Hauptbestandteil Fe oder Ni ist, und der lasergeschweißte Randabschnitt mit kleinem Durchmesser, der eine maximale Außenabmessung d_{max} aufweist, die kleiner als 2,0 mm ist, wird gebildet. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben energetische Untersuchungen durchgeführt. So sind die folgenden Tatsachen ermittelt worden. Das heißt, es ist wichtig, dass die Impulserzeugungsfrequenz einen spezifischen Bereich erfüllt, um effizient einen gleichmäßigen Schweißabschnitt zu bilden.
- Überdies ist es wichtig, dafür zu sorgen, dass die Bedingungen der Energie pro Impuls eines Laserstrahles und die Länge jedes Impulses spezifische Werte annehmen. Die folgende Tatsache ist ermittelt worden: in einen Zustand, wo die vorhergehenden Bedingungen erfüllt werden, kann das Problem des ungleichmäßigen Schweißabschnitts und dergleichen gelöst werden, wenn eine Frequenz, die höher als die im herkömmlichen Verfahren eingesetzte Frequenz ist, in nur einem spezifischen Impulsfrequenzbereich eingesetzt wird. So ist die vorliegende Erfindung gemacht worden. Das heißt, es wird der Laserstrahl mit einer Energie pro Impuls von 1,5 J bis 6 J, einer Impulslänge von 1 Millisekunde bis 10 Millisekunden eingesetzt. Überdies werden 2 Impulse/Sekunde bis 20 Impulse/Sekunde aufweist.

17.07.02
kunde bis 20 Impulse/Sekunde eingesetzt, was eine Impulserzeugungsfrequenz ist, die beträchtlich höher als die Impulserzeugungsfrequenz ist, die in dem herkömmlichen Verfahren eingesetzt wird. So kann ein lasergeschweißter Randabschnitt, der eine ausgezeichnete Gleichmäßigkeit aufweist, beträchtlich effizient gebildet werden.

5 In dieser Beschreibung ist der maximale Außenabmessung d_{max} des lasergeschweißten Randabschnitts, wie in Fig. 2B gezeigt, als $d_{max} = 2r_{max}$ definiert, wenn die Position des geometrischen Schwerpunkts der Entladungsfläche (31a), die realisiert wird, wenn der lasergeschweißter Randabschnitt auf eine Ebene projiziert wird, die senkrecht zur Mittelachse der Mittelelektrode (3) ist, G ist und der Abstand von G zu einem entferntesten Ende des lasergeschweißten Randabschnitts r_{max} ist.

10 15 Wenn die Länge des Impulses kürzer als 1 Millisekunde ist oder wenn die Energie jedes Impulses kleiner als 1,5 J ist, wird die Wärmemenge reduziert, die pro Impuls zugeführt wird, und der Schweißabschnitt kann daher nicht genügend gebildet werden. Wenn die Energie jedes Impulses kleiner als 1,5 J und auch die Länge des Impulses kürzer als eine 1 Millisekunde ist, wird die zugeführte Wärmemenge übermäßig reduziert. Wenn die Elektrode durch die wärmebeständige Legierung gebildet wird, die aus den Ni-Gruppen oder den Fe-Gruppen zusammengesetzt ist, verursacht 20 25 der Einfluss des Abfalls der Temperatur der Elektrode die Tatsache, dass die Elektrode im wesentlichen nicht schmilzt. Im vorhergehenden Fall kann der Schweißabschnitt nicht leicht gebildet werden.

Wenn die Energie jedes Impulses größer als 6 J ist oder wenn die Länge des Impulses länger als 10 Millisekunden ist, tritt 30 leicht eine Ansammlung der zugeführten Wärme auf, die durch die Laserstrahlen bewirkt wird, da der Abfall der Temperatur der

Elektrode, die durch die wärmebeständige Legierung gebildet wird, die aus den Ni-Gruppen oder den Fe-Gruppen zusammengesetzt ist, sehr klein ist. Folglich gibt es die Besorgnis, dass eine Ungleichmäßigkeit der Tiefe oder der Breite des Schweißabschnitts auftritt oder die Elektrode geschmolzen und verformt wird. Wenn die Energie jedes Impulses größer als 6 J ist und die Länge des Impulses länger als 10 Millisekunden ist, wird leicht geschmolzenes Metall verdampft und verstreut. Im vorhergehenden Fall gibt es die Besorgnis, dass leicht Defekte der Elektrode, wie Zacken und Löcher auftreten.

Wenn die Impulserzeugungsfrequenz niedriger als 2 Impulse/Sekunde ist, kann der Schweißabschnitt nicht effizient gebildet werden. Wenn die Impulserzeugungsfrequenz höher als 20 Impulse/Sekunde ist, tritt leicht eine Ansammlung der zugeführten Wärme auf, die durch den Laserstrahl bewirkt wird. Im vorhergehenden Fall treten ähnliche Probleme auf. Es ist zu bevorzugen, dass die Energie jedes Impulses 2 J bis 5 J beträgt. Es ist zu bevorzugen, dass die Länge des Impulses 1,5 Millisekunden bis 6 Millisekunden beträgt. Es ist zu bevorzugen, dass die Impulserzeugungsfrequenz 2 Impulse/Sekunde bis 12 Impulse/Sekunde beträgt. In dieser Beschreibung ist die Energie jedes Impulses ein Wert, der aus einem Prozess erhalten wird, in dem ein Laserstrahl, der aus der Laserstrahlquelle emittiert wird, durch eine Energiedektionsvorrichtung, wie einen Kalorimeter oder einem Leistungsmesser aufgenommen wird, bevor der Laserschweißvorgang ausgeführt wird. So wird die Energie pro Einheitszeit (zum Beispiel eine Sekunde) gemessen, und dann wird die Energie durch die Anzahl der Impulse pro Sekunde geteilt.

Wenn das vorhergehende Verfahren eingesetzt wird, wird der lasergeschweißte Randabschnitt mit der maximalen Außenabmessung d_{max} , die kleiner als 2,0 mm ist, durch Verwendung der wär-

mebeständigen Legierung, die aus Fe-Gruppen oder Ni-Gruppen zusammengesetzt ist, wie folgt gebildet: Ein bisher schwieriger Schweißabschnitt kann gebildet werden. Insbesondere kann ein Laserschweißabschnitt gebildet werden, der eine solche Struktur 5 aufweist, dass ein Verhältnis l_{min}/l_{max} einer minimalen Breite l_{min} und einer maximalen Breite l_{max} des lasergeschweißter Randabschnitts in die Auflegerichtung des Edelmetall-Chips 0,7 oder größer ist.

Die Tatsache, dass $l_{min}/l_{max} 0,7$ oder größer gemacht werden kann, bedeutet eine Tatsache, dass eine Umfangsstreuung des Abstandes von der Entladungsfläche des Edelmetall-Zündabschnitts zum Ende des lasergeschweißten Randabschnitts, der der Entladungsfläche benachbart ist, zufriedenstellend verhindert werden kann. Als Ergebnis kann effektiv ein Problem verhindert 10 werden, das darin besteht, dass die Entladungsfläche des Schweißabschnitts an einer Position nach außen freiliegt, an der die Breite des Laserschweißabschnitts vergrößert ist, und sich die Haltbarkeit der Zündkerze verschlechtert. Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren ist in der Lage, das 15 Verhältnis $l_{min}/l_{max} 0,9$ oder größer zu machen, was ein ferner bevorzugter Wert ist, indem die Schweißbedingungen geeignet bestimmt werden.

Es werden nun Ausführungsformen der Erfindung, lediglich als Beispiel, unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen 20 beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine vertikale Querschnittsansicht, die eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Zündkerze zeigt, und eine vergrößerte Ansicht, die einen wesentlichen Abschnitt derselben zeigt;
- 30 Fig. 2A eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines Vorderendes einer Mittelelektrode der in Fig. 1 ge-

17.07.02

9

- zeigten Zündkerze, und Fig. 2B eine Daraufsicht, die die Vorderseite der Mittelelektrode zeigt;
- Fig. 3A eine vertikale Querschnittsansicht der Fig. 2A und Fig. 3B eine vertikale Querschnittsansicht ihrer Modifikation;
- Figuren 4A bis 4D entwickelte Ansichten eines lasergeschweißten Randabschnitts;
- Figuren 5A bis 5D Diagramme, die ein Verfahren zur Herstellung eines Zündabschnitts der Mittelelektrode der in Fig. 1 gezeigten Zündkerze zeigen;
- Figuren 6A und 6B Diagramme, die eine Modifikation des in den Figuren 5A bis 5D gezeigten Herstellungsverfahrens zeigen;
- Fig. 7 ein Diagramm, das eine weitere Modifikation desselben zeigt;
- Figuren 8A und 8B Diagramme, die eine weitere Modifikation des selben zeigen;
- Fig. 9 ein Diagramm, das ein Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze gemäß der Modifikation zeigt;
- Fig. 10A eine perspektivische Ansicht, die einen wesentlichen Abschnitt der Zündkerze zeigt, die durch das in Fig. 9 gezeigte Herstellungsverfahren hergestellt wird, die Figuren 10B und 10C vertikale Querschnittsansichten, die die Zündkerze zeigen, und die Figuren 10A' bis 10C' vertikale Querschnittsansichten, die eine Modifikation der Zündkerze zeigen, wie jeweils in den Figuren 10A bis 10C gezeigt;
- Fig. 11 eine perspektivische Ansicht, die einen Zündabschnitt der Masseelektrode zeigt;
- Figuren 12A und 12B Diagramme, die ein Verfahren zur Herstellung der Zündkerze der Fig. 11 zeigen; und

Figuren 13A und 13B Diagramme, die Probleme zeigen, die beim herkömmlichen Herstellungsverfahren angetroffen werden.

Eine Zündkerze 100, die gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung hergestellt werden kann, wird in Fig. 1 gezeigt und enthält einen zylindrischen Hauptmetallmantel 1 und ein Isolationsglied 2, das an den Innenabschnitt des Hauptmetallmantels 1 angepasst ist, so dass ein Vorderende 21 des Isolationsgliedes 2 vorsteht. Überdies enthält die Zündkerze 100 eine Mittelelektrode 3, die an der Innenseite des Isolationsgliedes 2 in einem Zustand angeordnet wird, in dem ein Edelmetall-Zündabschnitt (der im folgenden einfach als „Zündabschnitt“ bezeichnet wird) 31 vorsteht. Überdies enthält die Zündkerze 100 eine Masseelektrode 4, die ein Ende aufweist, das mit dem Hauptmetallmantel 1 durch Schweißen oder dergleichen verbunden wird, und ein anderes Ende, das seitwärts gebogen ist und so angeordnet ist, dass die Seitenfläche der Masseelektrode 4 gegenüber dem Vorderende der Mittelelektrode 3 angeordnet ist. Die Masseelektrode 4 ist mit einem Edelmetall-Zündabschnitt (der im folgenden einfach als „Zündabschnitt“ bezeichnet wird) 32 versehen, der gegenüber dem Zündabschnitt 31 angeordnet ist. Eine Lücke zwischen dem gegenüberliegenden Zündabschnitt 31 und dem Zündabschnitt 32 ist ein Funkenentladungsspalt g.

In dieser Beschreibung ist der „Zündabschnitt“ ein Abschnitt des zusammengefügten Edelmetall-Chips, auf dem kein Einfluss einer Änderung der Zusammensetzung, die infolge des Schweißvorgangs auftritt, ausgeübt wird (zum Beispiel ein Restabschnitt mit der Ausnahme eines Abschnitts, der in Folge des Schweißvorgangs mit dem Material der Masseelektrode und dem Material der Mittelelektrode legiert ist).

Das Isolationsglied 2 besteht aus einem gesinterten Keramikkörper, wie Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid. Das Isolationsglied 2 weist einen Lochabschnitt 6 auf, der in die axiale Richtung des Isolationsgliedes 2 ausgebildet ist, um die Mittelelektrode 3 aufzunehmen. Der Hauptmetallmantel 1 ist zu einer zylindrischen Form ausgebildet und besteht aus einem Metallmaterial, wie kohlenstoffarmen Stahl, um das Gehäuse der Zündkerze 100 zu bilden. Überdies ist an der Außenfläche des Hauptmetallmantels 1 ein Schraubabschnitt 7 ausgebildet, um die Zündkerze 100 mit einem (nicht gezeigten) Motorblock zu verbinden.

Es kann eine Struktur eingesetzt werden, in der entweder der Zündabschnitt 31 oder der gegenüberliegende Zündabschnitt 32 weggelassen wird. Im vorhergehenden Fall ist der Funkenentladungsspalt g zwischen dem Zündabschnitt 31 und der Seitenfläche der Masseelektrode 4 ausgebildet, für die der Zündabschnitt nicht vorgesehen ist. Als eine Alternative dazu ist der Funkenentladungsspalt g zwischen dem gegenüberliegenden Zündabschnitt 32 und der Vorderseite der Mittelelektrode 3 ausgebildet, für die der Zündabschnitt nicht vorgesehen ist.

Sowohl die Mittelelektrode 3 als auch Masseelektrode 4 weisen den eine Chip-Befestigungsfläche bildenden Abschnitt auf, der eine Struktur aufweist, dass mindestens die Oberflächenschicht aus einer wärmebeständigen Legierung besteht, deren Hauptbestandteil Ni oder Fe ist (unter „Hauptbestandteil“ wird eine Komponente verstanden, die mit einem höchsten Gehalt enthalten ist, das heißt „eine Komponente, die mit 50 Gew.% oder mehr enthalten ist“ wird nicht darunter verstanden). Die wärmebeständige Legierung, deren Hauptbestandteil Ni oder Fe ist, kann irgendeines der folgenden Materialien sein.

(1) Eine wärmebeständige Legierung, die eine Ni-Gruppe ent-

hält, was in dieser Beschreibung ein Oberbegriff wärmebeständiger Legierungen eines Typs ist, der Ni mit 40 Gew.% bis 85% und einen Rest enthält, der hauptsächlich aus einem oder mehreren Typen der folgenden Stoffe besteht: Cr, Co, Mo, W, Nb, 5 Al, Ti und Fe. Insbesondere können die folgenden Stoffe eingesetzt werden, deren Warenzeichen gezeigt werden. Man beachte, dass die Zusammensetzung jeder der folgenden Legierungen, die einem Dokument offenbart wird (Metal Data Handbook Edition Nr. 3 (Maruzen), S. 138), aus der Beschreibung weggelassen wird.

10 ASTROLOY, CABOT 214, D-979, HASTELLOY C22', HASTELLOY C276, HASTELLOY G30, HASTELLOY S, HASTELLOY X, HAYNESS 230, INCONEL 587, INCONEL 597, INCONEL 600, INCONEL 601, INCONEL 617, INCONEL 625, INCONEL 706, INCONEL 718, INCONEL X750, KSN, M-252, NIMONIC 75, NIMONIC 80A, NIMONIC 90, NIMONIC 105, NIMONIC 115, 15 NIMONIC 263, NIMONIC 942, NIMONIC PE11, NIMONIC PE16, NIMONIC PK33, PYROMET 860, RENE 41, RENE 95, SSS 113MA, UDIMENT 400, UDIMENT 500, UDIMENT 520, UDIMENT 630, UDIMENT 700, UDIMENT 710, UDIMENT 720, UNITEP AF2-1 DA6 und WASPALOY.

20 (2) Eine wärmebeständige Legierung, die eine Fe-Gruppe enthält, die in dieser Beschreibung ein Oberbegriff wärmebeständiger Legierungen eines Typs ist, der Fe mit 20 Gew.% bis 60 Gew.% und einen Rest enthält, der hauptsächlich aus einem oder mehreren Typen der folgenden Stoffe besteht: Cr, Co, Mo, W, Nb, Al, Ti und Ni. Insbesondere können die folgenden Stoffe eingesetzt werden, deren Warenzeichen gezeigt werden. Man beachte, dass die Zusammensetzung jeder der folgenden Legierungen, die einem Dokument offenbart wird (Metal Data Handbook Edition Nr. 3 (Maruzen), S. 138), aus der Beschreibung weggelassen wird.

30 A-286, ALLOY 901, DISCALOY, HAYNES 556, INCOLOY 800, INCOLOY 801, INCOLOY 802, INCOLOY 807, INCOLOY 825, INCOLOY 903, INCOLOY 907, INCOLOY 909, N-155, PYROMET CTX-1, PYROMET CTX-3,

S-590, V-57, PYROMET CTX-1, 16-25-6, 17-14CuMo, 19-9DL und 20-Cb3.

Andererseits werden sowohl der Zündabschnitt 31 als auch der gegenüberliegende Zündabschnitt 32 hauptsächlich durch ein Edelmetall gebildet, dessen Hauptbestandteil Ir oder Pt ist. Wenn das vorhergehende Edelmetall eingesetzt wird, kann die Abbrandbeständigkeit des Zündabschnitts verbessert werden, selbst in einer Umgebung, in der die Temperatur der Mittelelektrode leicht erhöht wird. Überdies kann die Schweißbarkeit bezüglich der vorhergehenden wärmebeständigen Legierung verbessert werden. Wenn ein Edelmetall, dessen Grundmaterial Pt ist, eingesetzt wird, kann Pt allein eingesetzt werden. Als Alternative dazu kann eine Pt-Ni-Legierung (zum Beispiel eine Ni-Legierung, die Pt mit zum Beispiel 1 Gew.% bis 30 Gew.% enthält), eine Pt-Ir-Legierung oder eine Pt-Ir-Ni-Legierung eingesetzt werden. Die Legierung, deren Hauptbestandteil Ir ist, kann eine Ir-Pt-Legierung oder eine Ir-Rh-Legierung sein.

Wenn das Ir-Edelmetall eingesetzt wird, kann ein Oxid (einschließlich eines Mischoxids) eines Metallelements, das zur Gruppe 3A (ein sogenanntes „seltenes Erdmetall“) der Tabelle des periodischen Systems oder der Gruppe 4A (Ti, Zr oder Hf) in einem Bereich von 0,1 Gew.% bis 15 Gew.% enthalten sein. So kann eine Oxidation und Verdampfung der Ir-Komponente effektiv verhindert werden. Folglich folgt, dass die Beständigkeit des Zündabschnitts verbessert werden kann. Es ist zu bevorzugen, dass Y_2O_3 als das Oxid eingesetzt wird. Als Alternative dazu können La_2O_3 , ThO_2 oder ZrO_2 eingesetzt werden. Im vorhergehenden Fall kann die Metallkomponente Ir in der Form eines einzigen Körpers als auch einer Ir-Legierung vorliegen.

Die Mittelelektrode 3 weist eine spitz zulaufende Fläche 3t auf, die eine Kegelstumpfform aufweist und am Vorderende der

Mittelelektrode 3 so ausgebildet ist, dass der Durchmesser der Mittelelektrode 3 reduziert ist. Überdies wird ein scheibenförmiger Edelmetall-Chip 31' (siehe Figuren 5A bis 5d), der den Zündabschnitt 31 bildet und die Zusammensetzung einer Legierung aufweist, auf eine Vorderseite 3s der Mittelelektrode 3 aufgelegt. Zusätzlich wird ein lasergeschweißter Randabschnitt 10 (der im folgenden einfach als „Schweißabschnitt“ bezeichnet wird) durch Laserschweißen längs der Enden der Verbindungsfläche gebildet, damit sie befestigt werden. So wird der Zündabschnitt 31 gebildet. Der gegenüberliegende Zündabschnitt 32 wird gebildet, indem eine Deckung der Position des Edelmetall-Chips 32' (siehe die Figuren 12A und 12B) und jene der Masselektrode 4 an der Position durchgeführt wird, die dem Zündabschnitt 31 bildet. Entsprechend wird ein Schweißabschnitt 20 längs der Enden der Verbindungsflächen gebildet, damit sie befestigt werden. Die vorhergehenden Chips können erhalten werden, indem eine geschmolzene Legierung, die durch Mischen und Auflösen der Legierungskomponenten hergestellt wird, so dass eine vorbestimmte Zusammensetzung verwirklicht wird, durch Warmwalzen zu einer scheibenförmigen Form geformt wird. Dann wird das scheibenförmige Glied durch ein Warmstanzverfahren gestanzt, so dass es zu einer vorbestimmten Chipform geformt wird. Als Alternative dazu kann ein Verfahren eingesetzt werden, mit dem eine Legierung durch Warmwalzen oder Warmschmieden zu einem linearen oder einem Stabmaterial geformt wird, um in die Längsrichtung geschnitten zu werden, um eine vorbestimmte Länge aufzuweisen. Als Alternative dazu kann ein kugelförmiges Glied eingesetzt werden, das durch ein Zerstäubungsverfahren geformt worden ist. Jeder der Chips 31' und 32' weist einen Durchmesser dc von 0,4 mm bis 1,2 mm und eine Dicke tc von 0,5 mm bis 1,5 mm auf.

Da die Zündabschnitte 31 und 32 durch im wesentlichen dieselben Schweißverfahren gebildet werden, wird nun ein Verfahren zur Bildung des Zündabschnitts 31 beschrieben, der der Mittelelektrode 3 benachbart ist. Wie in Fig. 5A gezeigt, wird eine Vorderseite 3s der Mittelelektrode 3 als eine Chip-Befestigungsfläche verwendet (die Fläche, an der der Chip befestigt ist). Dann wird der Edelmetall-Chip 31' auf die Vorderseite 3s gelegt, so dass ein übereinanderliegender Aufbau 70 gebildet wird. Dann wird der lasergeschweißte Randabschnitt 10 längs der Außenfläche des Edelmetall-Chips 31 des übereinanderliegenden Aufbaus 70 an einer Position quer zum Edelmetall-Chip 31' und der Chip-Befestigungsfläche gebildet. Als eine Quelle des Laserstrahles wird eine Impulslaserstrahlquelle (zum Beispiel eine YAG-Laserstrahlquelle) 50 eingesetzt, die so eingerichtet ist, dass die Energie pro Impuls 1,5 J bis 6 J beträgt, die Länge des Impulses 1 Millisekunde bis 10 Millisekunden beträgt und die Impulserzeugungsfrequenz 2 Impulse/Sekunde bis 20 Impulse/Sekunde beträgt. Der lasergeschweißte Randabschnitt 10, die durch die Verwendung des Chips 31', der die obenerwähnte Größe aufweist, unter den vorhergehenden Bedingungen gebildet wird, weist eine maximale Außenabmessung dmax auf, die in der Draufsicht von der Chip-Einfügungsrichtung, wie in Fig. 2B gezeigt, kleiner als 2,0 mm ist. Überdies erreicht der lasergeschweißte Randabschnitt 10 eine Entladungsfläche 31a in eine Richtung der Dicke des Edelmetall-Chips 31' nicht. Es ist zu bevorzugen, dass die maximale Außenabmessung dmax 0,4 mm oder größer ist. Wenn dmax kleiner als 0,4 mm ist, kann ein gleichmäßiger Schweißabschnitt nicht leicht gebildet werden, wenn der Durchmesser des Laserstrahles beträchtlich reduziert wird. Daher wird die normale Bildung des Zündabschnitt manchmal behindert.

Jede wärmebeständige Legierung zur Verwendung als das Material der Elektrode, das eine niedrige Wärmeleitfähigkeit bei 800°C aufweist, die 30 W/m·K oder weniger beträgt, weist eine Eigenschaft auf, dass während des Laserschweißvorgangs leicht 5 Wärme in der Legierung angesammelt wird. Der Laserstrahl wird eingesetzt, der so eingerichtet ist, dass die Energie pro Impuls 1,5 J bis 6 J und die Länge des Impulses 1 Millisekunde bis 10 Millisekunden beträgt. So kann eine zufriedenstellende Gleichmäßigkeit des lasergeschweißten Randabschnitts 10 verwirklicht werden, wenn die Impulserzeugungsfrequenz von 2 Impulsen/Sekunde bis 20 Impulsen/Sekunde eingesetzt wird. Insbesondere kann ein Verhältnis l_{min}/l_{max} der minimalen Breite l_{min} und maximalen Breite l_{max} des lasergeschweißten Randabschnitts 10 in eine Richtung der Mittelachse 0 des Chips 31' oder der 15 Mittelelektrode 3 0,7 oder größer gemacht werden (vorzugsweise 0,9 oder größer).

Fig. 4A ist eine entwickelte Ansicht eines projizierten Bildes, das gebildet wird, wenn der lasergeschweißte Randabschnitt 10 auf eine zylindrische Fläche projiziert wird 20 (die einen Durchmesser aufweist, der derselbe wie der Außen-durchmesser der Entladungsfläche 31a ist), die koaxial zur Mittelachse 0 ist. In Fig. 4A werden l_{min} und l_{max} gezeigt. Der kürzeste Abstand h_{min} vom äußeren Ende TL der Entladungsfläche 31a zu einem Ende des lasergeschweißten Randabschnitts 10, der 25 der Entladungsfläche 31a benachbart wird, wird nun beschrieben. Angenommen, dass der Abstand von jedem Ende des lasergeschweißten Randabschnitts 10, der der Entladungsfläche 31a benachbart ist, zur integralen Mittellinie UCm die mittlere Dicke hav der Zündabschnitte ist, dann ist es entsprechend zu 30 l_{min}/l_{max} zu bevorzugen, dass $h_{min}/hav 0,7$ oder größer ist. So kann effektiv ein Problem verhindert werden, dass darin be-

steht, dass der Schweißabschnitt der Entladungsfläche an der Position ausgesetzt ist, an der infolge eines leichten Abbrands des Edelmetall-Zündabschnitts hmin verwirklicht wird (in vielen Fällen eine Position, an der der lasergeschweißte Randabschnitt 5 10 die größte Breite (lmax) aufweist) und, daher eine Fehlzündung oder dergleichen auftritt.

Wenn die beiden seitlichen Abschnitte des lasergeschweißten Randabschnitts 10 quer zur Mittelachse 0 des lasergeschweißten Randabschnitts 10 in die radiale Richtung nicht miteinander verbunden sind, wie in Fig. 3A gezeigt (im vorhergehenden Fall ist der lasergeschweißte Randabschnitt 10 zu einer ringförmigen Fort ausgebildet), kann die Dicke tc des Chips aus dem axialen Querschnitt gemessen werden, nachdem der Schweißvorgang vollendet worden ist. Wenn die beiden Seitenabschnitte des Schweißabschnitts 10 in die radiale Richtung miteinander verbunden sind, wie in Fig. 3B gezeigt (im vorhergehenden Fall ist der lasergeschweißte Randabschnitt 10 zu einer Scheibenform geformt), wird eine Bezugslinie CM an eine Zwischenposition zwischen den integralen Mittellinien UCm und LCm an den beiden Seitenenden des lasergeschweißten Randabschnitts 10 in die Breitenrichtung gelegt, wie in Fig. 4A gezeigt. Überdies wird eine Annahme gemacht, dass der Abstand H von der Bezugslinie CM zum äußeren Ende TL der Entladungsfläche 31a tc ist, um die Dicke zu schätzen.

Der Durchmesser dc des Chips wird willkürlich zu festgelegt, dass er einen Bereich von 0,4 mm bis 1,2 mm erfüllt, so dass er der Haltbarkeit und der Zündleistung entspricht, die für die Zündkerze erforderlich ist. Im allgemeinen ist der Edelmetall-Chip ein kostspieliger Chip. Daher muss die Gebrauchsmenge des Edelmetall-Chip reduziert werden, indem die Dicke tc des Edelmetall-Chips auf 0,5 mm bis 1,5 mm reduziert

wird. Es ist zu bevorzugen, dass die mittlere Dicke hav des Zündabschnitts 0,2 mm bis 1,0 mm beträgt. Der Grund dafür liegt darin, dass eine Struktur, in der hav kleiner als 0,2 mm ist, bewirkt, dass der Schweißabschnitt infolge eines leichten Ab-
5 brands des Edelmetall-Zündabschnitts der Entladungsfläche ausgesetzt wird. Folglich verschlechtert sich manchmal die Haltbarkeit der Zündkerze. Wenn hav größer als 1,0 mm ist, muss die Zündkerze, die sich infolge der Vergrößerung des Spalts am Ende ihrer Lebensdauer befindet, in einem Zustand ausgetauscht werden,
10 in dem eine bedeutend große Menge des Edelmetall-Chips übrig bleibt. Wenn daher die Dicke tc des Chips bestätigt werden kann, selbst nachdem der Schweißvorgang vollendet worden ist, ist es zu bevorzugen, dass das Verhältnis hav/tc zur mittleren Dicke hav des Zündabschnitts und der Dicke tc des Chips etwa
15 0,13 bis 2,0 beträgt. Wenn das Ende des Edelmetall-Chips 31', das der Entladungsfläche gegenüberliegt, benachbart zu Basisabschnitt vorsteht, verglichen mit dem Schweißabschnitt 10, wie in Fig. 4B gezeigt, tritt ein Problem auf, dass der insgesamt vorstehende Abschnitt zunichtie gemacht wird, unabhängig vom
20 Ende der Lebensdauer, selbst wenn hav/tc 0,2 bis 1,0 beträgt.

Um eine Trennung des Edelmetall-Chips von der Mittelelektrode zu verhindern, ist es zu bevorzugen, dass lav aufgrund einer Annahme, dass der Abstand zwischen UCm und LCm die mittlere Breite lav des Schweißabschnitts ist, 0,4 mm oder größer ist.
25 Wenn zwei Seitenabschnitte des Schweißabschnitts quer zur Mittelachse in die radiale Richtung nicht miteinander verbunden sind, wie in Fig. 4C gezeigt, ist es zu bevorzugen, dass tc - hav 0,2 mm oder größer ist. Es wird nun ein Fall beschrieben, in dem zwei Seitenabschnitte des Schweißabschnitts in die radiale Richtung miteinander verbunden sind, wie in Fig. 4D gezeigt. Es wird eine Annahme gemacht, dass der Abstand von der

Entladungsfläche 31a zu einer Position an der Verbindungsfläche zwischen dem lasergeschweißten Randabschnitt 10 und dem Zündabschnitt 31, an der der lasergeschweißte Randabschnitt 10 eine kleinste Dicke in die axiale Richtung der Mittelelektrode 3 aufweist, tc_2 ist, und der Abstand zu einer Position, an der der lasergeschweißte Randabschnitt 10 eine kleinste Dicke an der Verbindungsfläche zwischen dem lasergeschweißten Randabschnitt 10 und der Mittelelektrode 3 aufweist, tc_3 ist. Es ist zu bevorzugen, dass $tc_3 - tc_2 \geq 0,2$ mm oder mehr beträgt.

Es werden nun die bevorzugten erfindungsgemäßen Schweißbedingungen beschrieben.

Wenn der Edelmetall-Chip 31' gemäß dieser Ausführungsform zu einer scheibenförmigen Form geformt wird, ist es zweckmäßig, ein Verfahren einzusetzen, bei dem die Außenfläche des Zündabschnitts 31 mit einem Laserstrahl LB bestrahlt wird, während der übereinanderliegende Aufbau 70 des Zündabschnitts 31 und der Mittelelektrode 3 um die Mittelachse 0 des Zündabschnitts 31 bezüglich einer Laserstrahlquelle 50 gedreht werden, wie in Fig. 5B gezeigt. So kann der lasergeschweißte Randabschnitt einheitlich gebildet werden. Im vorhergehenden Fall kann nur einer des übereinanderliegenden Aufbaus 70 oder der Laserstrahlquelle 50 gedreht werden. Als Alternative dazu können beide Einheiten gedreht werden (zum Beispiel in entgegengesetzte Richtungen).

Im vorhergehenden Fall ist es zu bevorzugen, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit wie folgt eingestellt wird: die relative Umdrehungsgeschwindigkeit zwischen dem übereinanderliegenden Aufbau 70 und der Laserstrahlquelle 50 beträgt 10 U/min oder mehr (vorzugsweise 12 U/min oder mehr), wenn nur eine Laserstrahlquelle 50 verwendet wird. Um den Rand-Laserschweißvorgang durchzuführen, müssen der übereinanderliegende Aufbau 70

und die Laserstrahlquelle 50 ein oder mehrmals relativ zueinander gedreht werden. Wenn die relative Umdrehungsgeschwindigkeit niedriger als 10 U/min ist, wird die Zeit, während der der Schweißvorgang in einer Umdrehung durchgeführt wird, das heißt 5 die Totzeit zur Herstellung einer Zündkerze, übermäßig verlängert. Daher kann verglichen mit dem herkömmlichen Verfahren nicht immer ein Vorteil realisiert werden.

Wenn mehrere Laserstrahlquellen in der Umfangsrichtung des Chips 31' in vorbestimmten Abständen angeordnet sind, wie in Fig. 6B oder Fig. 7 gezeigt, um den Schweißvorgang durchzuführen, kann die Anzahl der Umdrehungen, die erforderlich ist, bis der Schweißvorgang vollendet ist, manchmal reduziert werden. Folglich kann manchmal die Untergrenze der relativen Umdrehungsgeschwindigkeit reduziert werden. Wenn zwei Laserstrahlquellen 50a und 50b, die um ein Winkelmaß von etwa 180° voneinander beabstandet angeordnet sind, verwendet werden, um den Schweißvorgang durchzuführen, wie in den Figuren 6A und 6B gezeigt, werden die Laserstrahlquellen 50a und 50b für entsprechende Schweißabschnitte 10a und 10b betrieben, von denen jeder 15 dem halben Wege einer Umdrehung entspricht. Wenn drei Laserstrahlquellen 50a bis 50c, die in Intervallen von etwa 120° von einander beabstandet angeordnet sind, wie in Fig. 7 gezeigt, verwendet werden, um den Schweißvorgang durchzuführen, ist es erforderlich, dass die Laserstrahlquellen 50a bis 50c für 20 Schweißabschnitte 10a bis 10c betrieben werden, von denen jeder etwa 1/3 Umdrehung entsprechen.

Auch in einem Fall, wo mehrere Laserstrahlquellen eingesetzt werden, muss jede Laserstrahlquelle die erfindungsgemäßen Laserschweißbedingungen erfüllen. Der Grund dafür wird nun beschrieben. Wenn mehrere Laserstrahlquellen (n , das die Beziehung erfüllt, dass $n \geq 2$) verwendet werden, findet ein beträcht-

licher Anstieg der Temperatur des Chips 31' statt, der auftritt, wenn die Laserstrahlen gleichzeitig angewendet werden. Wie oben beschrieben, ist es erforderlich, dass jede Laserstrahlquelle den Schweißabschnitt bestrahlt, der im wesentlichen (1/n) Umdrehung des Chips 31' entspricht. Daher kann der Schweißvorgang in einer Zeit vollendet werden, die (1/n) der Zeit beträgt, die erforderlich ist, wenn eine einzige Laserstrahlquelle eingesetzt wird. Als Ergebnis kann die Zeit, die erforderlich ist, um den Chip 31' zu erwärmen, verkürzt werden, und daher kann ein Problem, dass die Breite jedes Schweißabschnitts übermäßig vergrößert wird, verhindert werden. Wenn die mehreren Laserstrahlquellen eingesetzt werden, um gleichzeitig Laserstrahlen anzuwenden, kann die Zeit, die erforderlich ist, um den Schweißabschnitt zu vollenden, verkürzt werden. Folglich kann die Produktivität verbessert werden.

Es wird nun die Obergrenze der relativen Umdrehungsgeschwindigkeit beschrieben. Wenn der übereinanderliegende Aufbau 70 gedreht wird, ist es zu bevorzugen, dass die höchste Umdrehungsgeschwindigkeit nicht höher als etwa 240 U/min (vier Umdrehungen pro Sekunde) ist, um eine Verformung und Zerstreuung von geschmolzenem Metall infolge der Zentrifugalkraft zu verhindern, die während des Schweißvorgangs erzeugt wird. Andererseits wird angenommen, dass die Zentrifugalkraft, die auf den lasergeschweißten Randabschnitt 10 ausgeübt wird, im Verhältnis zur maximalen Außenabmessung d_{max} wesentlich vergrößert wird und im Verhältnis zum Quadrat der Winkelgeschwindigkeit wesentlich vergrößert wird. Wenn die vorhergehenden Tatsachen berücksichtigt werden, ist es zu bevorzugen, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit des übereinanderliegenden Aufbaus 70 auf einen Wert eingestellt wird, der durch die folgende Gleichung definiert wird (man beachte, dass die Einheit von d_{max} und mm

ist):

$$V_{max} = 5\pi (2/d_{max})^{1/2} \text{ (Einheit: rad/Sekunde)} \quad (1)$$

Wie aus der Gleichung (1) verstanden werden kann, kann V_{max} vergrößert werden, wenn d_{max} reduziert wird. Wenn $d_{max} = 5$ 2,0 mm, beträgt V_{max} etwa 150 U/min. Wenn $d_{max} = 1,5$ mm, beträgt V_{max} 173 U/min. Wenn $d_{max} = 0,7$ mm, beträgt $V_{max} = 253$ U/min. Wenn sowohl der übereinanderliegende Aufbau 70 als auch die Laserstrahlquelle 50 gedreht werden, um eine vorbestimmte relative Umdrehungsgeschwindigkeit zu verwirklichen, ermöglicht es 10 eine Erhöhung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Abschnitts, der der Mittelelektrode benachbart ist, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit des Mechanismus der Laserstrahlquelle 50, der eine verhältnismäßig komplexe Struktur aufweisen muss, reduziert wird (oder keine Rotation erforderlich ist). Folglich 15 wird eine Vereinfachung des Mechanismus der Laserstrahlquelle 50 oder eine Reduzierung der Belastung, die getragen werden muss, zugelassen.

Wenn die Beziehung, dass $d_{max} < 0,78$ mm im wesentlichen eingehalten wird, ist V_{max} höher als 240 U/min, was nach Gleichung 20 (1) die bevorzugte Obergrenze ist. Als Ergebnis von Untersuchungen, die durch den Erfinder der vorliegenden Erfindung durchgeführt wurde, müssen mindestens fünf impuls geschweißte Perlen in einer Umdrehung gebildet werden, um den Schweißabschnitt 10 zu bilden, der in die Umfangsrichtung vollständig 25 zusammenhängend ist, indem der Laserstrahl verwendet wird, der eine Energie von 1,5 J bis 6 J per Impuls ausweist, selbst in einem Fall des vorhergehenden Chips, der den kleinen Durchmesser aufweist. Die vorhergehende Geschwindigkeit von 240 U/min entspricht vier Umdrehungen pro Sekunde, was nur fünf Impulse 30 pro Sekunde oder weniger zulässt, wenn 20 Impulse/Sekunde, die die Obergrenze der Impulserzeugungsfrequenz sind, eingestellt.

werden. Wenn daher die Umdrehungsgeschwindigkeit höher als die obenerwähnte Geschwindigkeit ist, werden Schweißperlen 10d in die Umfangsrichtung mit Unterbrechungen gebildet, wie in Fig. 8A gezeigt. Daher gibt es die Besorgnis, dass während einer Umdrehung keine in die Umfangsrichtung zusammenhängenden Impulschweißperlen gebildet werden können. Daher ist es vorteilhaft, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit von 240 U/min vom Standpunkt der Gleichung (1) beibehalten wird, wenn eine Umdrehungsgeschwindigkeit, die höher als 240 U/min ist, zulässig ist. Wenn 5 die Ausführung zweiter und folgender Schweißvorgänge zulässig ist, ermöglicht es eine Verschiebung der Winkelphase, mit der die Schweißperlen 10d gebildet werden, dass der Schweißabschnitt 10 in die Umfangsrichtung zusammenhängend gebildet wird, wie in Fig. 8B gezeigt.

10 Wenn die Laserstrahlquelle 50 gedreht wird, ist es zu bevorzugen, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit der Laserstrahlquelle 50 90 U/min oder weniger beträgt, um einen unerwünschten Verschiebung der Position zu vermeiden, die mit dem emittierten Laserstrahl bestrahlt wird.

15 Um den Schweißabschnitt 10 zu bilden, der die Entladungsfläche 31a nicht erreicht, wenn die Dicke t_c des Edelmetall-Chips 31' klein ist, wie oben beschrieben, ist es effektiv, den Impulslaserstrahl LB von einer diagonal oberen Position anzuwenden. Insbesondere ist es zu bevorzugen, wie in den Figuren 20 5B und 5C gezeigt, dass der übereinanderliegende Aufbau 70 mit dem Impulslaserstrahl LB wie folgt bestrahlt wird. Das heißt, ein Ende Q der Schnittlinie zwischen der Fläche, an der der Chip befestigt ist, (die die Vorderseite der Mittelelektrode 3 ist) und der Außenfläche des Chips ist in einem Lichtpunkt des Laserstrahles LB enthalten, und der Bestrahlungswinkel θ bezüglich der Fläche, an der der Chip befestigt ist, erfüllt einen 25 30

Bereich von 0° bis 60° (zum Beispiel 45°).

Um die Lokalisierung und Befestigung des Edelmetall-Chips 31' bezüglich der Fläche zu erleichtern, an der der Chip befestigt ist, kann ein Verfahren eingesetzt werden, in dem die Ausrichtaussparung 3a, die der äußereren Form des Chips entspricht, in der Fläche ausgebildet ist, an der der Chip befestigt wird, wie in Fig. 5D gezeigt. Dann wird der Edelmetall-Chip 31' in die Ausrichtaussparung 3a eingepasst, um den übereinanderliegenden Aufbau 70 zu bilden. Um im vorhergehenden Fall den Schweiß- und Verbindungsvorgang zuverlässig auszuführen, ist es zu bevorzugen, dass das Ende Q der Schnittlinie zwischen dem Ende der Öffnungsabschnitts der Aussparung 3a und der Außenfläche des Chips mit dem Impulslaserstrahl LB bestrahlt wird.

Es kann ein weiteres Verfahren eingesetzt werden, das eingerichtet ist, wie in Fig. 9 gezeigt. Das heißt, es wird ein zylindrischer Vorsprung 3d am Vorderende der spitz zulaufenden Fläche 3t der Mittelelektrode 3 gebildet. Überdies wird die flache Vorderseite 3s als die Fläche verwendet, an der der Chip befestigt wird. Der Edelmetall-Chip 31' wird auf die Vorderseite 3s gelegt. Dann wird der Impulslaserstrahl LB auf das Ende Q der Schnittlinie zwischen der Fläche, an der der Chip befestigt wird, und der Außenfläche des Chips angewendet. Fig. 10A ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht, die einen Abschnitt in der Nähe des Zündabschnitts 31 einer Zündkerze zeigt, die wie oben beschrieben hergestellt wird. Die Figuren 10B und 10C sind vertikale Querschnittsansichten des vorhergehenden Abschnitts. Fig. 10B zeigt einen Zustand, in dem die beiden Seitenabschnitte quer zur Mittelachse 0 des Schweißabschnitts 10 nicht miteinander verbunden sind. Fig. 10C zeigt einen Zustand, in dem die beiden Seitenabschnitte in die radiale Richtung miteinander verbunden sind. Wie in den Figuren

10A', 10B' und 10C' gezeigt, kann eine Form eingesetzt werden, in der der Gesamtkörper des Vorsprungs 3d, geschmolzen wird, damit er im Schweißabschnitt 10 enthalten ist.

Fig. 11 zeigt einen Zustand, in dem der Zündabschnitt 32
5 der Masseelektrode 4 gebildet wird. Ein lasergeschweißter Randabschnitt 20, der ähnlich zu jenem der Mittelelektrode 3 ist, wird gebildet. Wie in Fig. 12A gezeigt, wird die Seitenfläche, die zum Funkenentladungsspalt g der Masseelektrode 4 weisen wird, (siehe Fig. 1) als die Fläche verwendet, an der
10 der Chip befestigt ist. Eine Aussparung 4a wird in der vorhergehenden Fläche gebildet. Dann wird der Edelmetall-Chip 32' in die Aussparung 4a eingepasst und in ihr befestigt. Im vorhergehenden Zustand wird die Laserstrahlquelle 50 ähnlich zu dem Verfahren betrieben, das in Fig. 5B oder dergleichen gezeigt
15 wird, so dass der Schweißabschnitt 20 gebildet wird.

Tabelle 1 zeigt bevorzugte Laserschweißbedingungen (Energie pro Impuls, die Länge des Impulses, die Impulserzeugungsfrequenz und die relative Drehzahl zwischen der Laserstrahlquelle und dem übereinanderliegenden Aufbau (man beachte, dass
20 die Laserstrahlquellenzahl eins ist), wenn die Schweißabschnitte, die einen Vielfalt von d_{max} aufweisen, unter Verwendung von Edelmetall-Chips gebildet werden, die aus einer Vielfalt von Materialien bestehen.

Tabelle 1

dmax (mm)	Zusammensetzung des Edelmetall- Chips (Gew.%)	Energie des Laserstrahls (J/Impuls)	Länge des Impulses (μs)	Impulserzeugungs- frequenz (Impulse/ Sekunde)	Relative Drehzahl (U/min)
1,1	90Pt-10Ir, 80Pt-20Ir	2	2	12	60
0,5	100Ir, 95Ir-5Rh, 95Ir-5Pt 90Ir- 10Rh, 80Ir-20Rh	2	2	9	
1,9	95Ir-5Pt, 80Ir- 20Rh 90Ir-10Rh, 98Ir-2Y2O3	3	6	3	

Beispiele

Um die Effekte der vorliegenden Erfindung zu bestätigen, wurden die folgenden Experimente durchgeführt. Zuerst wurde INCONEL 600 eingesetzt, um die Mittelelektrode 3 herzustellen, die geformt ist, wie in Fig. 1 gezeigt. Man beachte, dass der Außendurchmesser D1 des in Fig. 5A gezeigten Basisabschnitts 2,5 mm betrug, der Durchmesser D2 der Vorderseite 1,3 mm betrug und der spitz zulaufende Winkel der spitz zulaufenden Fläche 3t 45° betrug. Andererseits wurden Edelmetall-Chips mit einer Vielfalt von Durchmessern, so dass die Dicke 0,6 mm bis 0,8 mm und der Außendurchmesser 0,4 mm bis 1,5 mm betrug, durch Stanzen einer Platte einer Legierung aus 80Pt-20Ir (Gew.%) hergestellt, die durch Schmelzen einer Legierung/Walzen hergestellt wurde.

Dann wurde eine feststehende YAG-Laserstrahlquelle, die so eingerichtet war, dass sie einen Strahldurchmesser von 0,4 mm am Brennpunkt aufwies, als die Laserstrahlquelle vorbereitet. Die Bedingungen wurden so eingestellt, dass die Energie des abgegebenen Laserstrahles 1,8 J/Impuls bis 3 J/Impuls betrug, die Breite des Impulses 2 Millisekunden bis 6 Millisekunde betrug und die Impulserzeugungsfrequenz 1 Impuls/Sekunde bis 23 Impulse/Sekunde betrug. Jeder Edelmetall-Chip wurde auf die Fläche der Vorderseite der Mittelelektrode 3 gelegt, die als die Flä-

che eingerichtet war, an der der Chip befestigt wurde. Das in den Figuren 5A bis 5D gezeigte Verfahren ($q = 45^\circ$) wurde eingesetzt, so dass die Laserstrahlquelle betrieben wurde, um den Schweißabschnitt 10 zu bilden, während die Mittelelektrode 3 um eine Umdrehung mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 60 U/min gedreht wurde. Nachdem der Schweißvorgang vollendet war, wurde ein Vergrößerungsglas verwendet, um die maximale Breite l_{max} und die minimale Breite l_{min} des gebildeten Schweißabschnitts 10 zu messen. Die Proben, die die Beziehung erfüllten, dass $l_{min}/l_{max} \geq 0,9$ ist, wurden als ausgezeichnet (0) bewertet, die Proben, die die Beziehung erfüllten, dass $0,9 > l_{min}/l_{max} \geq 0,7$ ist, wurden als zufriedenstellend (Δ) bewertet, die Proben, die die Beziehung erfüllten, dass $0,7 > l_{min}/l_{max}$ ist, wurden als fehlerhaft (x) bewertet. Die Ergebnisse werden in Tabelle 2 gezeigt.

Wie oben beschrieben worden ist und aus der Tabelle 2 zu entnehmen ist, wurden die Proben, die unter den Bedingungen geschweißt wurden, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegen, als ausgezeichnet oder zufriedenstellend bewertet.

17.07.02

- 28 -

Tabelle 2

Impuls- bedingung	Durchmesser des Chips (mm)	Dicke des Chips (mm) Dmax	PPS									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6µs 3J/Impuls	1.5	0.8	2.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1.5	0.8	1.8	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2µs 2J/Impuls	1.5	0.8	1.6	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0.8	0.6	1.4	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2µs 2J/Impuls	0.8	0.6	1.2	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0.8	0.6	1.0	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2µs 1,8 J/Impuls	0.8	0.6	0.8	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0.4	0.6	0.4	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Impuls- bedingung	Durchmesser des Chips (mm)	Dicke des Chips (mm) Dmax	PPS									
			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
6µs 3J/Impuls	1.5	0.8	2.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1.5	0.8	1.8	o	o	△	△	△	△	△	△	△
2µs 2J/Impuls	1.5	0.8	1.6	o	o	△	△	△	△	△	△	△
	0.8	0.6	1.4	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2µs 2J/Impuls	0.8	0.6	1.2	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0.8	0.6	1.0	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2µs 1,8 J/Impuls	0.8	0.6	0.8	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0.4	0.6	0.4	o	o	△	△	△	△	△	△	△

17.07.02

EP 00 303 605.0

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze mit einer Mittel-
 elektrode (3) und einer Masseelektrode (4), die so angeord-
 net sind, dass die Seitenfläche der Masseelektrode (4) der
 vorderen Endfläche der Mittelelektrode (3) gegenüberliegt
 und eine solche Struktur aufweist, dass ein Edelmetall-
10 Zündabschnitt (31, 32), der eine Entladungsfläche aufweist,
 für mindestens entweder die Mittelelektrode (3) oder die
 Masseelektrode (4) an einer Position, die einem Funkenent-
 ladungsspalt (g) entspricht, durch Schweißen eines Edelme-
 tall-Chips (31', 32') bereitgestellt wird, wobei das Ver-
15 fahren zur Herstellung einer Zündkerze die Schritte um-
 fasst:

Bereitstellen eines eine Chip-Befestigungsfläche bildenden
Abschnitts an der Mittelelektrode (3) und/oder der Masse-
elektrode- (4), der aus einer wärmebeständigen Legierung
besteht, die Ni oder Fe als Hauptbestandteil aufweist, und
Legen des Edelmetall-Chips (31', 32') auf eine Chip-Befes-
tigungsfläche, so dass ein übereinanderliegender Aufbau ge-
bildet wird;

Bereitstellen eines lasergeschweißten Randabschnitts (10,
25 20) über dem Edelmetall-Chip (31', 32') und dem eine Chip-
 Befestigungsfläche bildenden Abschnitt für die Außenfläche
 des Chips, der den übereinanderliegenden Aufbau (70) bil-
 det, so dass der Edelmetall-Chip (31', 32') an der Chip-
 Befestigungsfläche befestigt wird; und
30 Bilden des lasergeschweißten Randabschnitts (10, 12), so
 dass er eine maximale Außenabmessung (dmax) aufweist, wenn

17.07.02

2

er aus der Chip-Einfügungsrichtung in der Draufsicht betrachtet wird, die kleiner als 2,0 mm ist, und so ausgebildet ist, dass er die Entladungsfläche (31a) in eine Richtung der Dicke des Edelmetall-Chips (31', 32') nicht erreicht, dadurch gekennzeichnet, dass als eine Lichtquelle zum Laserschweißen ein Impulslaserstrahlquelle verwendet wird, die eine Energie pro Impuls im Bereich von 1,5 J bis 6 J, eine Impulslänge im Bereich von 1 Millisekunde bis 10 Millisekunden und eine Impulserzeugungsfrequenz im Bereich von 2 Impulse/Sekunde bis 20 Impulse/Sekunde aufweist.

2. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze nach Anspruch 1, wobei ein Verhältnis lmin/lmax einer minimalen Breite lmin und einer maximalen Breite lmax des lasergeschweißten Randabschnitts (10, 20) in die Auflegerichtung des Edelmetall-Chips (31', 32') 0,7 oder höher ist.
3. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze nach Anspruch 1 oder 2, wobei die maximale Außenabmessung dmax des lasergeschweißten Randabschnitts (10, 20) 0,4 mm oder größer ist.
4. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die wärmebeständigen Legierung zur Bildung des eine Chip-Befestigungsfläche bildenden Abschnitts bei 800°C eine Wärmeleitfähigkeit von 30 W/m·K oder weniger aufweist.
5. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Edelmetall-Chip (31', 32') zu einer Scheibenform geformt wird, und die Außenfläche des

17.07.02

3

Chip mit einem Impuls laserstrahl bestrahlt wird, während der übereinanderliegende Aufbau des Edelmetall-Chips (31', 32') und die Mittelelektrode (3) oder die Masseelektrode (4) bezüglich der Laserstrahlquelle (50) um die Mittelachse des Chips gedreht werden.

- 5 6. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze nach Anspruch 5, wobei, wenn die maximale Außenabmessung des lasergeschweißten Randabschnitts (10, 20) d_{max} (Einheit: mm) ist, die relative Umdrehungsgeschwindigkeit zwischen dem übereinanderliegenden Aufbau (70) und der Laserstrahlquelle (50) 10 U/min oder mehr und die Umdrehungsgeschwindigkeit des übereinanderliegenden Aufbaus (70) niedriger als $5\pi (2/d_{max})^{1/2}$ (Einheit: rad/Sekunde) ist.
- 10 15 7. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der übereinanderliegende Aufbau mit dem Impuls laserstrahl (70) in einer solchen Weise bestrahlt wird, dass ein Ende der Schnittlinie zwischen der Fläche, an der der Chip befestigt ist, und der Außenfläche des Chips, in einem Laserstrahl-Lichtpunkt enthalten ist, und ein Bestrahlungswinkel der Fläche, an der der Chip befestigt ist, mit dem Laserstrahl im Bereich von 0° bis 60° liegt.
- 20 25 8. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze nach Anspruch 7, wobei eine Ausrichtaussparung (3a, 4a), die dem Außenrand des Chips entspricht, in der Chip-Befestigungsfläche gebildet wird, und der Edelmetall-Chip (31', 32') in die Ausrichtaussparung (3a, 4a) so eingepasst wird, dass der übereinanderliegende Aufbau (70) gebildet wird, und ein Ende

17.07.02

4

des Schnittlinie zwischen einem Ende eines offenen Abschnitts der Aussparung und der Außenfläche des Chips mit dem Impuls laserstrahl bestrahlt wird.

5 9. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Hauptbestandteil des Edelmetall-Chips (31', 32') Pt oder Ir ist.

10

15

20

25

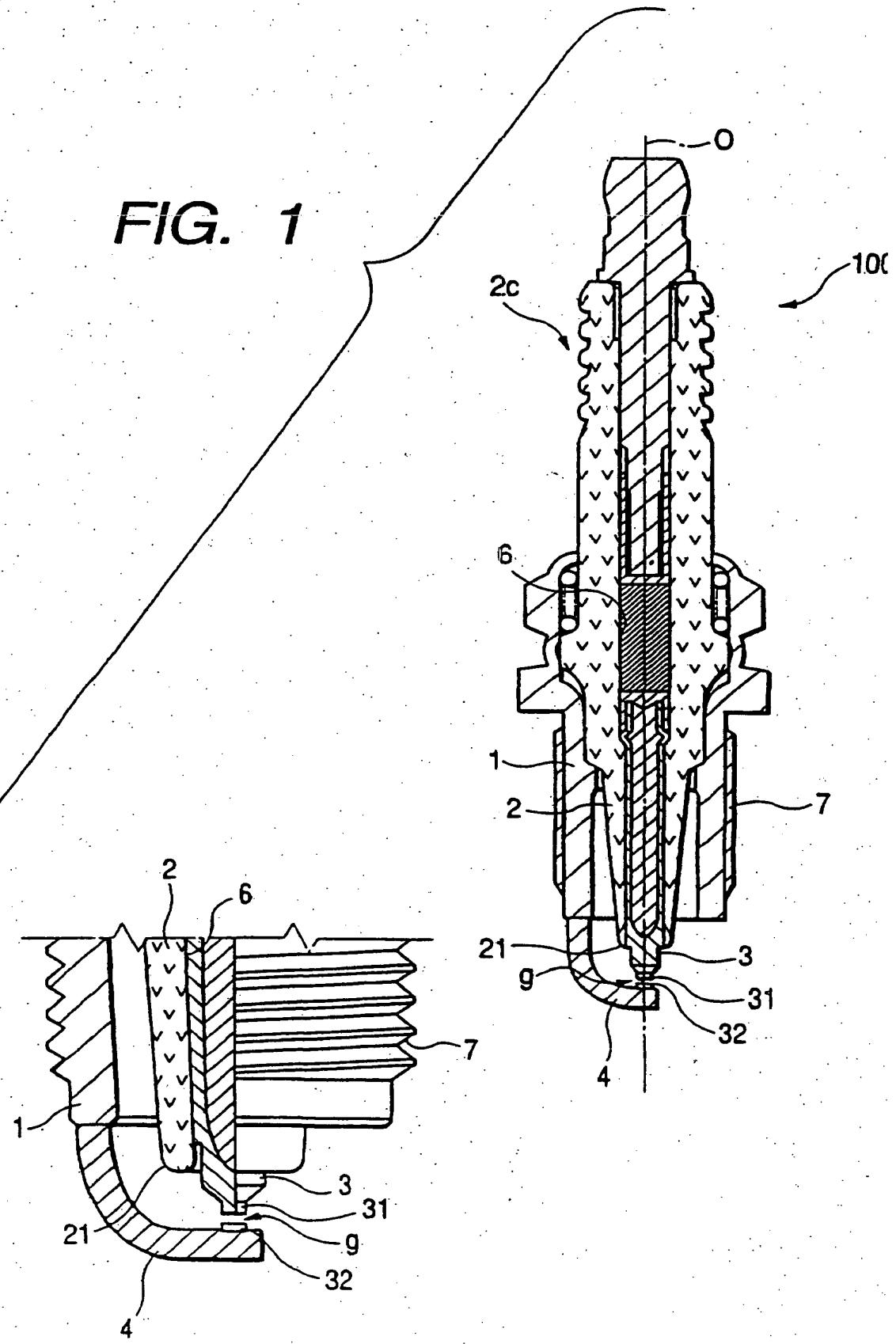
30

17.07.02

EPA 00 303 605.0

1/9

FIG. 1



17.07.02

2/9

FIG. 2A

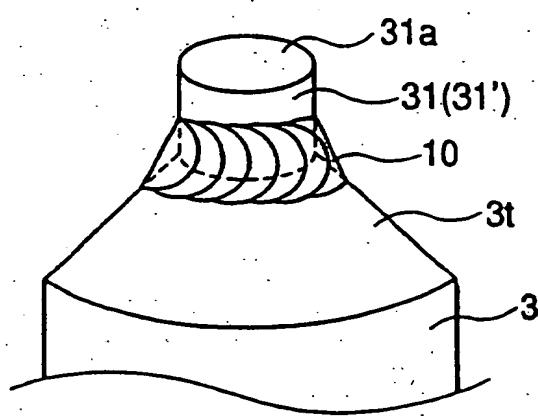


FIG. 2B

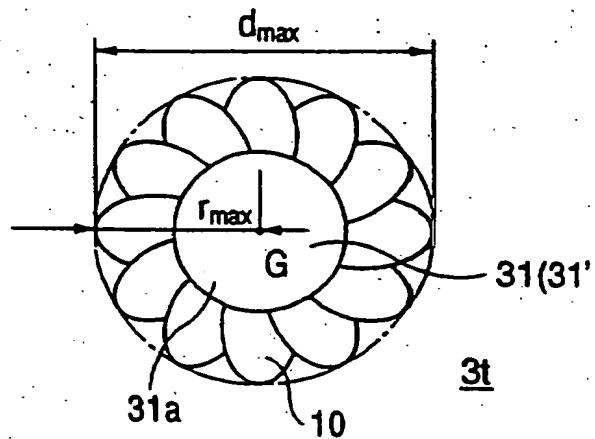


FIG. 3A

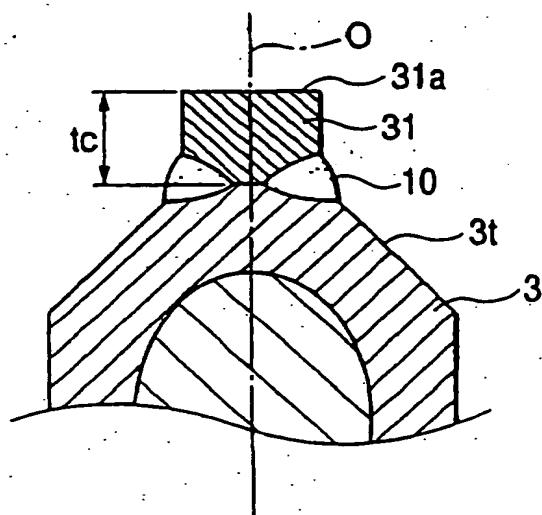
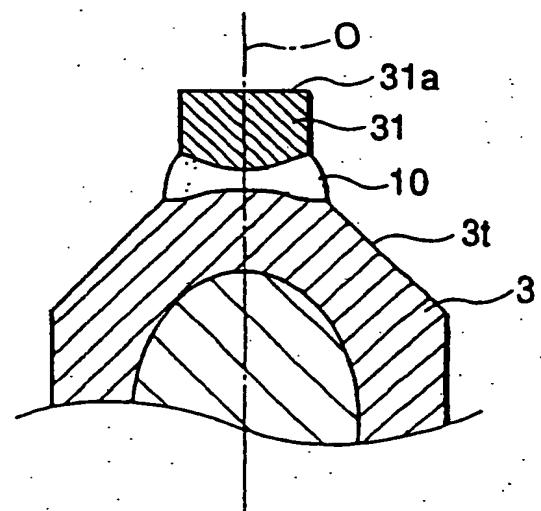


FIG. 3B



17.07.02

3/9

FIG. 4A

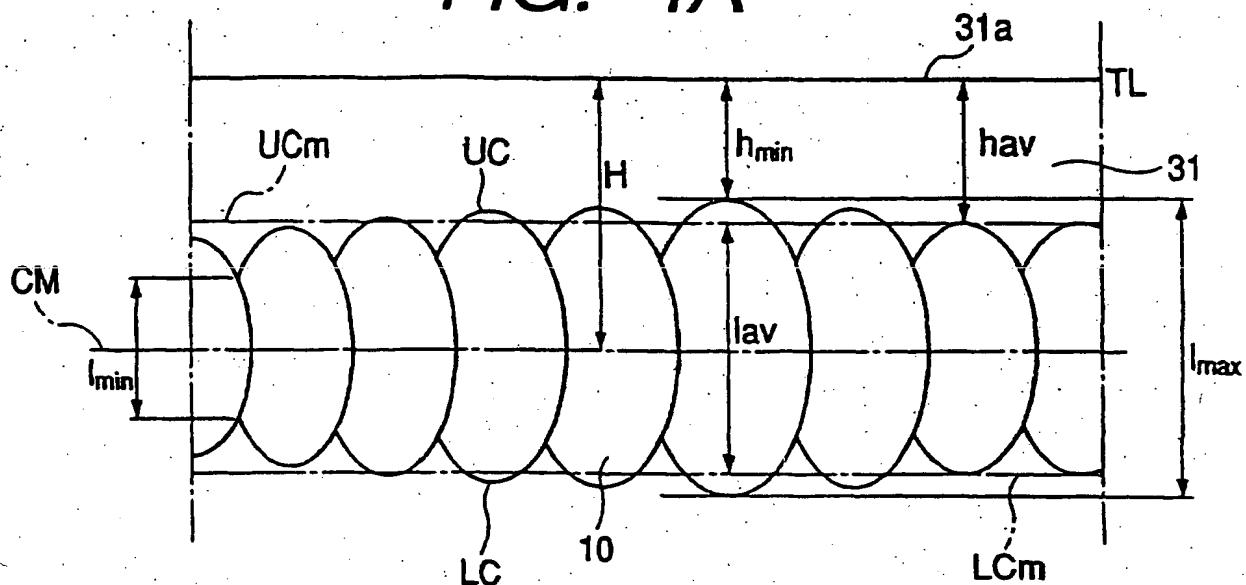


FIG. 4B

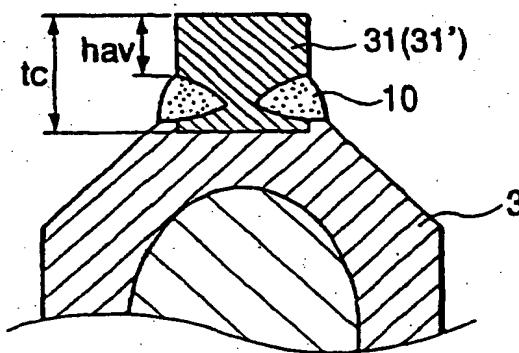


FIG. 4C

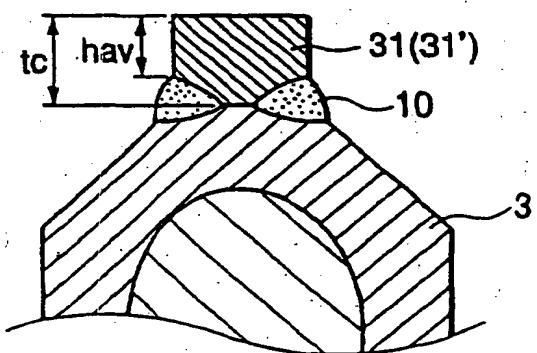
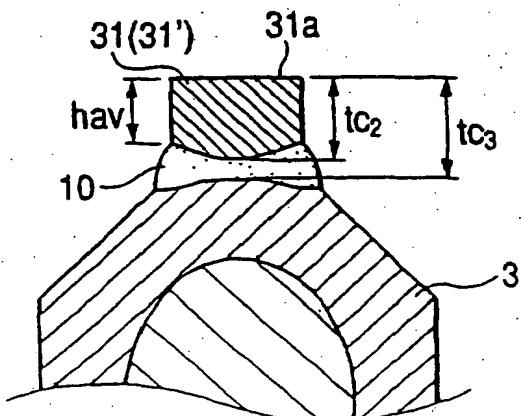


FIG. 4D



17.07.02

4 / 9

FIG. 5A

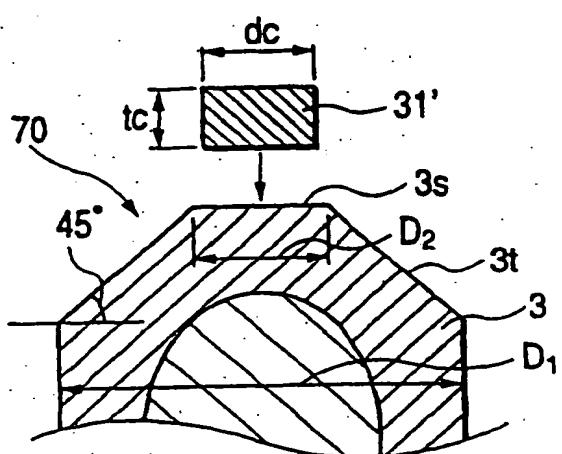


FIG. 5C

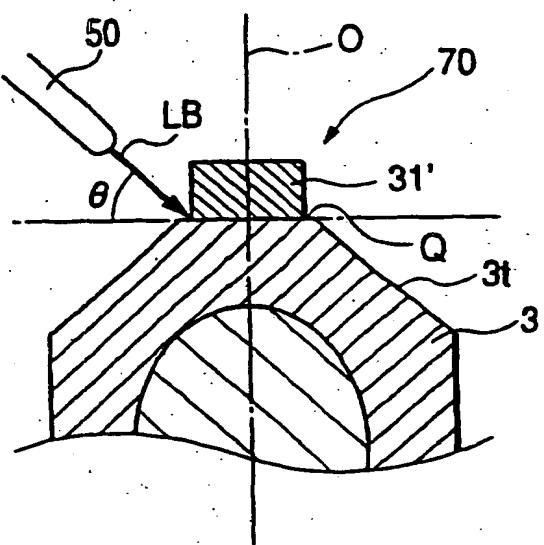


FIG. 5B

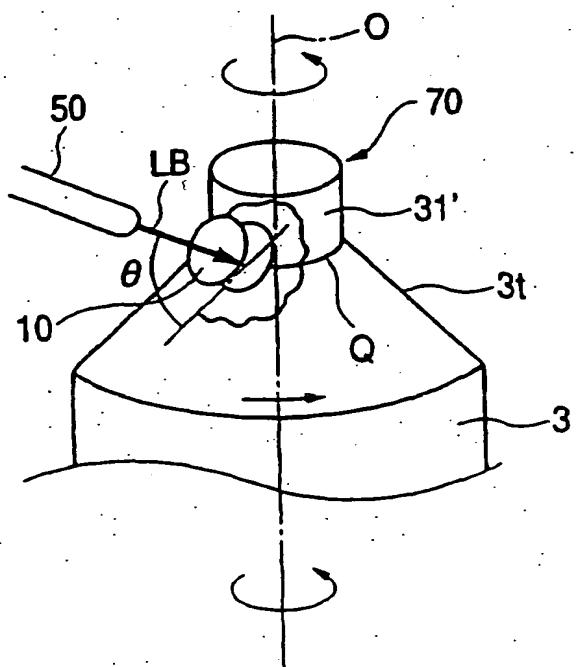
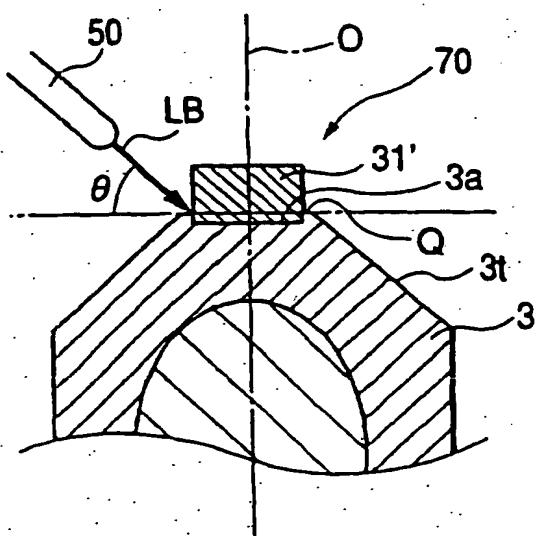


FIG. 5D



17.07.02

5/9

FIG. 6A

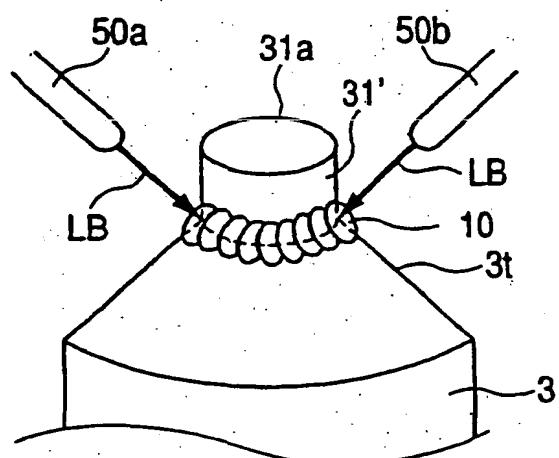


FIG. 6B

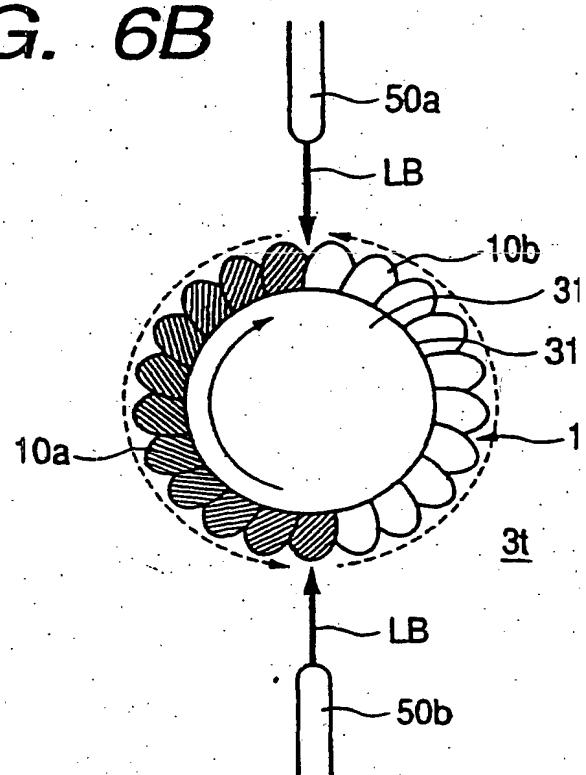
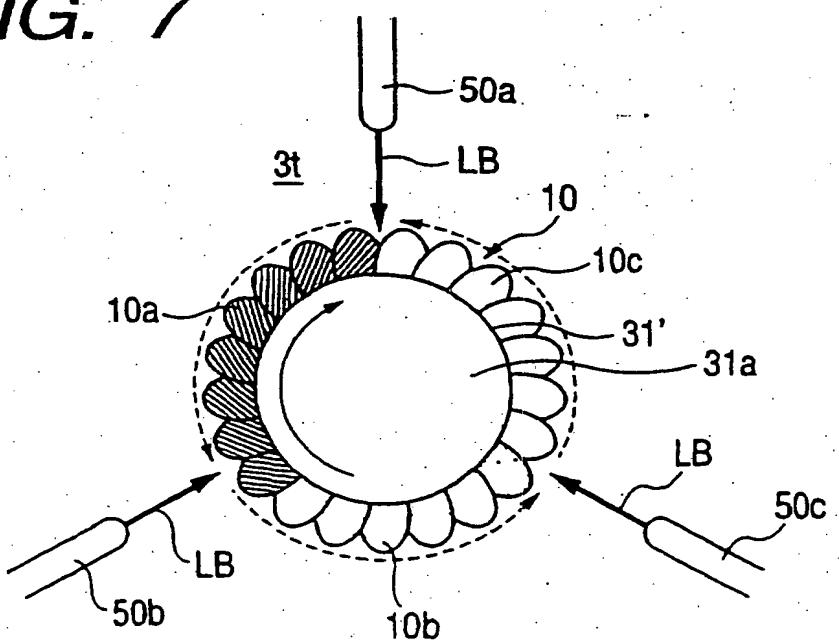


FIG. 7



17-07-02

6/9

FIG. 8A

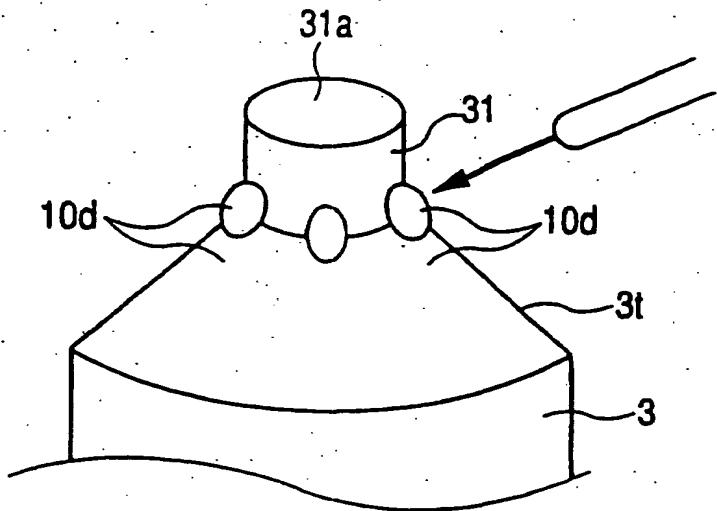


FIG. 8B

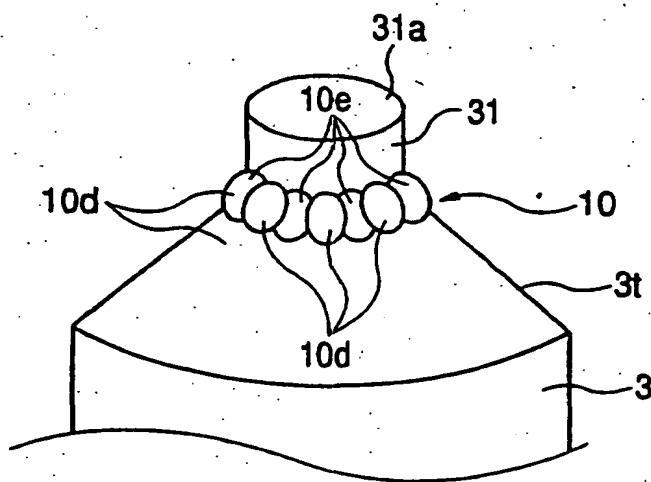
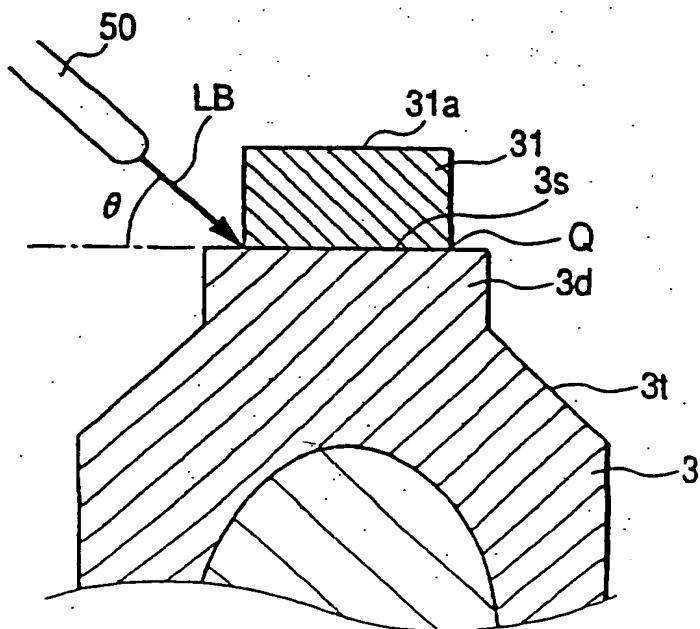


FIG. 9



17-07-02

7/9

FIG. 10A

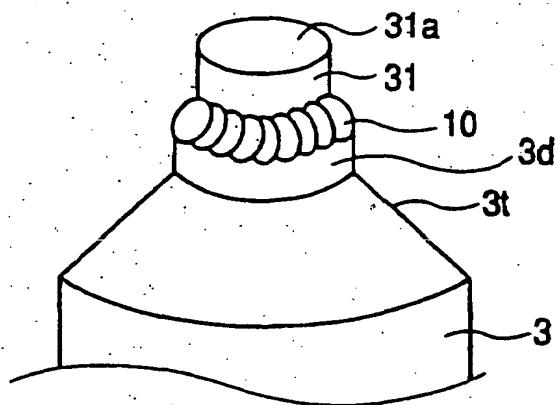


FIG. 10A'

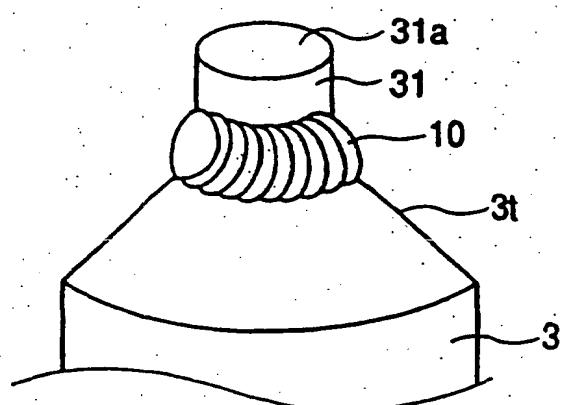


FIG. 10B

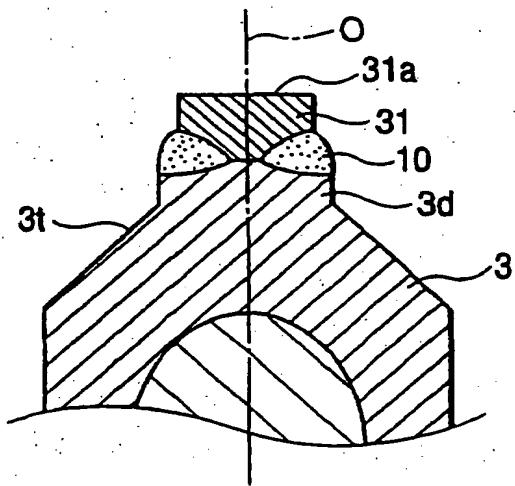


FIG. 10B'

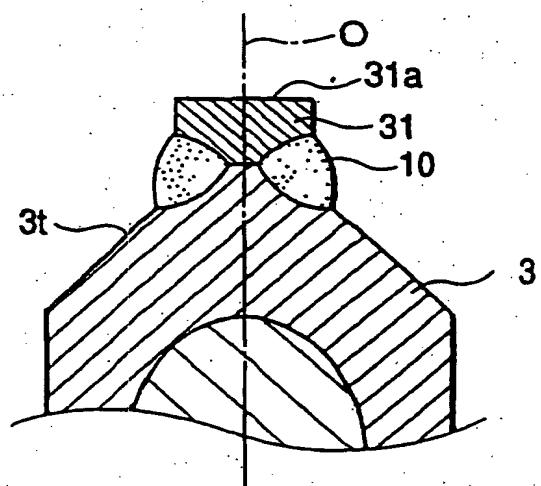


FIG. 10C

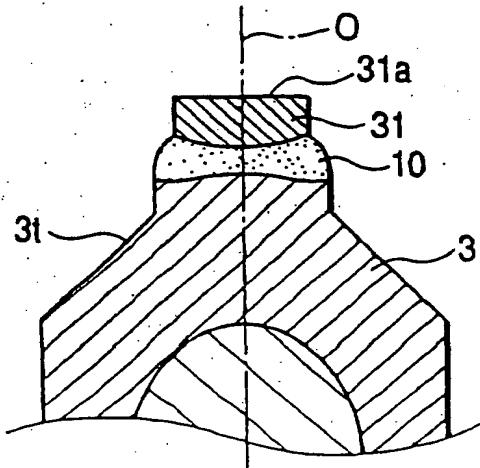
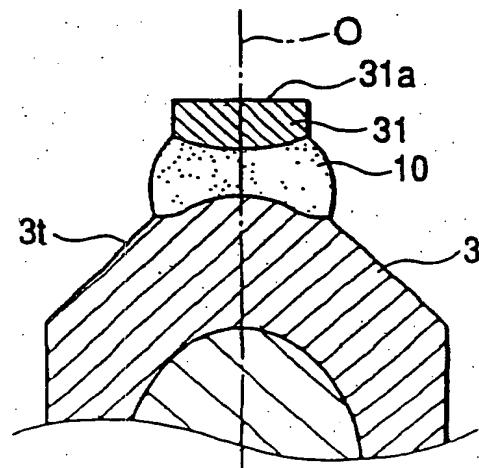


FIG. 10C'



17-07-02

9/9

FIG. 13A

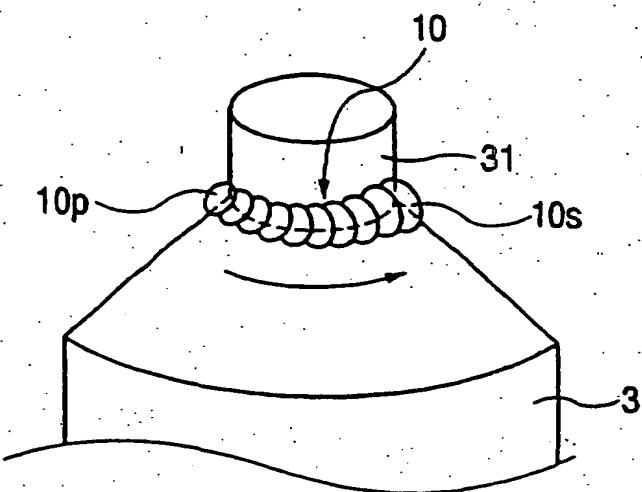
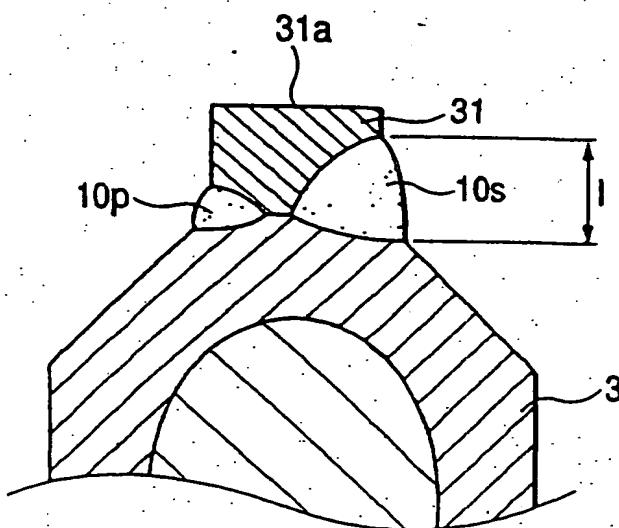


FIG. 13B



17-07-02

8/9

FIG. 11

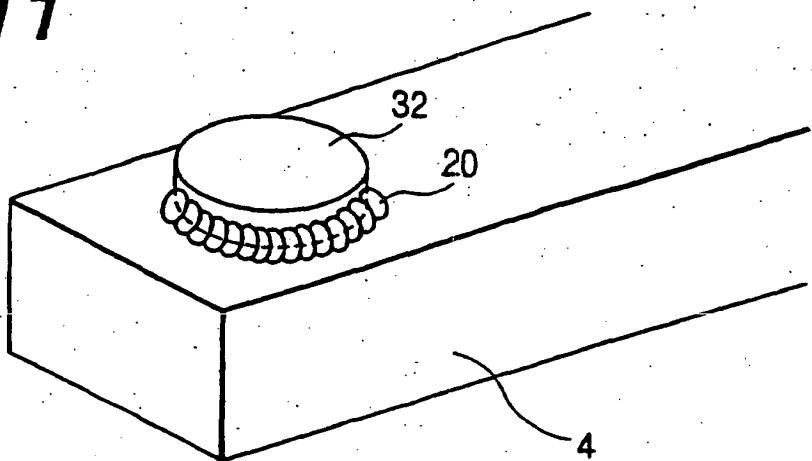


FIG. 12A

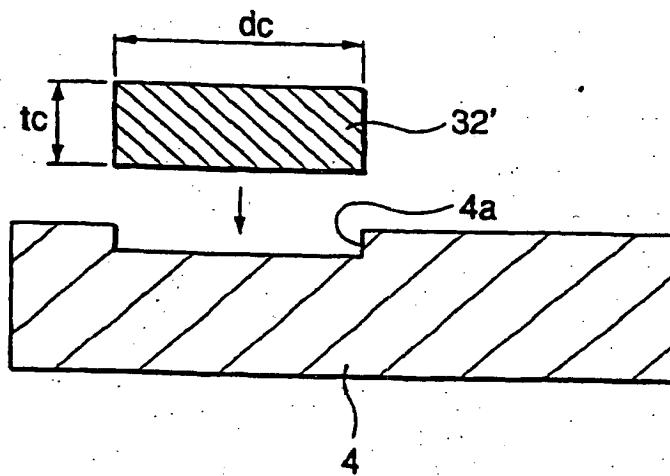


FIG. 12B

